

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011998368 **Image available**

WPI Acc No: 1998-415278/199836

XRAM Acc No: C98-125430

XRPX Acc No: N98-323252

**Embedding metallic conductors into plastic composition - by roughening
the conducting pathways, and surrounding the pathways in the roughened
region by plastic composition**

Patent Assignee: DAIMLER-BENZ AG (DAIM); DAIMLERCHRYSLER AG (DAIM)

Inventor: MERKEL K; RENTSCH A; WARTUSCH J

Number of Countries: 025 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
-----------	------	------	-------------	------	------	------

DE 19731424	C1	19980813	DE 1031424	A	19970722	199836 B
-------------	----	----------	------------	---	----------	----------

EP 893822	A2	19990127	EP 98112471	A	19980706	199909
-----------	----	----------	-------------	---	----------	--------

Priority Applications (No Type Date): DE 1031424 A 19970722

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

DE 19731424	C1	14	B29C-070/72		
-------------	----	----	-------------	--	--

EP 893822	A2	G	H01L-021/56		
-----------	----	---	-------------	--	--

Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT

LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI

Abstract (Basic): DE 19731424 C

Process for embedding metallic conductors of microelectronic components into a plastic composition comprises roughening the conducting pathways to be embedded by physical and/or chemical process, and surrounding the conducting pathways in the roughened region by the plastic composition.

USE - In the production of integrated circuits, multi-chip modules, and hybrids.

ADVANTAGE - The microelectronic components have increased service life in aggressive media.

Dwg. 1/4

Title Terms: EMBED; METALLIC; CONDUCTOR; PLASTIC; COMPOSITION; ROUGH; CONDUCTING; PATH; SURROUND; PATH; ROUGH; REGION; PLASTIC; COMPOSITION

Derwent Class: A26; A85; L03; U11

International Patent Class (Main): B29C-070/72; H01L-021/56

International Patent Class (Additional): H01L-021/48

File Segment: CPI; EPI

Manual Codes (CPI/A-N): A11-B05; A12-E04; A12-E07C; L04-C17

Manual Codes (EPI/S-X): U11-D03A; U11-D03B

Polymer Indexing (PS):

<01>

001 018; H0317; S9999 S1434

002 018; ND07; ND01; N9999 N6235; N9999 N6440-R; Q9999 Q7476 Q7330;
Q9999 Q7523; N9999 N7170 N7023

?



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 197 31 424 C 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
B 29 C 70/72
H 01 L 21/56

②① Aktenzeichen: 197 31 424.4-16
②② Anmeldetag: 22. 7. 97
④③ Offenlegungstag: -
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 13. 8. 98

DE 197 31 424 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ **Patentinhaber:**

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,
DE

⑦② **Erfinder:**

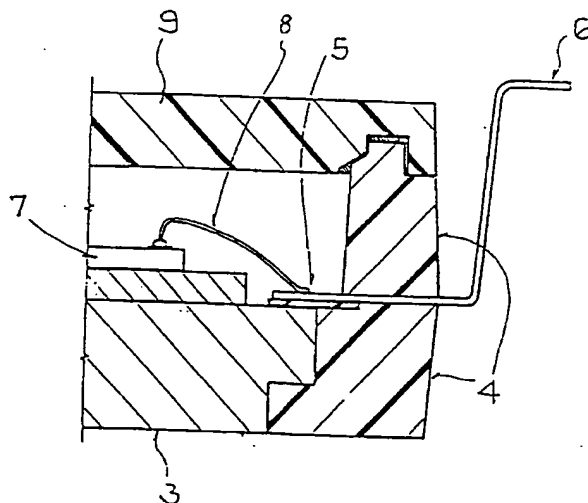
Wartusch, Johann, Dipl.-Chem., 34246 Vellmar, DE;
Merkel, Karl-Heinz, Dipl.-Ing., 67063 Ludwigshafen,
DE; Rentsch, Arno, Dipl.-Ing., 65779 Kelkheim, DE

⑤⑥ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:**

US 49 65 227

⑤④ **Verfahren zum Einbetten von metallischen Leitern mikroelektronischer Bauelemente in eine Kunststoffmasse**

⑤⑦ Bei einem Verfahren zum Einbetten von metallischen Leitern mikroelektronischer Bauelemente in eine Kunststoffmasse, ist vorgesehen, daß die Oberfläche der einzubettenden Leiterbahnen durch physikalische und/oder chemische Verfahren aufgerauht wird und daß die Leiterbahnen im Bereich der Aufrauung durch die Kunststoffmasse umschlossen werden.



DE 197 31 424 C 1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbetten von metallischen Leiter mikroelektronischer Bauelemente in eine Kunststoffmasse nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

- 5 • Ein derartiges Verfahren dient zum Herstellen von Gehäusen, das Bauelemente und Module der Mikroelektronik enthält, wie monolithisch integrierte Schaltkreise, Multichipmodule und Hybride.

Integrierte Schaltkreise beispielsweise werden zur Montage und Kontaktierung der äußeren Anschlüsse auf einen sogenannten Leiterahmen (lead frame) gebondet und anschließend in ein Gehäuse eingeschlossen. Insbesondere für SMD-Bauelemente oder Module mit vielen (mehr als 200) Anschlüssen bereitet die Kapselung der Bauelemente große Schwierigkeiten, vor allen Dingen im Zusammenhang mit den oft vorhandenen Kühlproblemen.

10 Normalerweise wird ein sogenannter IC, auf dem in integrierter Form eine Vielzahl von Funktionen realisiert ist, auf einem Basiselement (Leadframe) fixiert, welches zum IC hin bzgl. Anordnung und Zahl der Anschlüsse entsprechende Kontakte aufweist, welche zur Peripherie hin mit entsprechenden Anschlüssen auf dem Substrat verbunden werden.

Die Anschlüsse auf den Bauelementen mit den entsprechenden Kontaktzungen des Leiterrahmens werden, wie im Falle eines einzelnen IC, in der Regel durch feine Drähte hergestellt, welche sowohl an den Bauelementen als auch an den Kontaktzungen durch Verschweißen (Bonden) befestigt werden. Beim Verschweißen müssen die Kontaktzungen des Leiterrahmens einen gewissen Druck aushalten. Die ganze Anordnung wird anschließend verschlossen bzw. mit Kunststoff umspritzt oder getaucht, damit Umwelteinflüsse sich auf die Schaltung nicht negativ auswirken können. Zum Schluß werden die Kontaktstifte auf ihre endgültige Form gebracht, d. h. die zungenförmigen Kontakte werden auf eine bestimmte Länge gebracht und für ein bestimmtes Sockelmaß zurechtgebogen.

20 Als gängiges Verfahren zur Umhüllung länger bekannt sind die Vollumkapselung der Bauelemente mit Duroplast-Moldmassen, die sich durch Hineinpressen in ein Werkzeug formen und in der Form aushärten lassen, sowie der Einbau in keramische Gehäuse und der Einbau in Metallgehäuse. Der Einbau in Keramik- oder Metallgehäuse gewährleistet eine beinahe hermetische Kapselung, verteuert jedoch die Komponenten so, daß die Anwendung für einen Massenmarkt nicht in Frage kommt. Bei Metallgehäusen kommt hinzu, daß wohl die Wärmebelastung der gekapselten Elemente sehr gut, die elektrische Isolierung jedoch sehr problematisch ist. Bei Keramikgehäusen hingegen ergibt sich speziell bei hochpoligen Elementen die Schwierigkeit, die Durchkontaktierung sehr filigraner Anschlußkämme durch das Gehäuse zu realisieren, wobei die Abstände zwischen den Anschlußzungen 300 µm betragen können.

30 Als preiswerteste Variante für kleinflächige Elemente und daher für große Stückzahlen geeignet ist zur Zeit lediglich die Vollumkapselung mit duroplastischen Werkstoffen. Die elektrischen Isoliereigenschaften sind hierbei naturgemäß sehr gut, die Wärmeableitung jedoch oft ungenügend. Nach dem bisherigem Stand der Technik werden z. B. in der Elektronik härtbare Massen, vorwiegend auf der Basis von Epoxidharzen, verwendet. Mit diesen Standard-Bauelementen wurden Kfz-übliche Dauertemperaturen von höchstens 125°C erreicht. Bei höheren Temperaturen besteht die Gefahr von Schädigungen infolge von Delaminationen, Ribbildung und feuchtigkeitsbedingter Korrosion, wodurch die zuverlässige Funktion der Bauelemente stark beeinträchtigt wird.

35 Die weiteren Nachteile solcher sog. Moldmassen, auch unter Kostengesichtspunkten, sind hohe Härtungstemperatur und lange Härtungszeiten (hoher Energieaufwand, Gefahr der thermischen Schädigung der elektronischen Bauteile), relativ hohe Wasseraufnahme, Umweltschädlichkeit wegen der Notwendigkeit flammhemmende Additive einzusetzen und fehlende Wiederverwendbarkeit.

40 Speziell bei großflächigen Strukturen für den Temperaturbereich bis 125°C ist bereits der Einsatz von speziellen Thermoplastgehäusen bekannt, die nicht mit einem reaktiven Transfer-Moldverfahren, sondern mittels Spritzguß gefertigt werden, insbesondere für Hybrid-Module. Diese sind jedoch vorerst nur mit wenigen Anschlußpolen realisiert, wobei ein Konstruktionswerkstoff wie z. B. Polybutylenterephthalat (PBT) mit integrierten Steckern verwendet wird. Das Gehäuse wird hierbei üblicherweise mit separat aufgeklebten Deckeln verschlossen.

45 Die Erfindung geht aus von einem Gehäuse für Bauelemente der Mikroelektronik, wie es in der Patentschrift US 4,965,227 beschrieben ist. Dieses Gehäuse wird aus einem gießfähigen Kunststoff bzw. Thermoplast hergestellt. Die Zuleitungen zu den Bauelementen und die Kontaktstifte sind auf einer Trägerfolie befestigt, die der Isolation und Fixierung der als Leiterbahnen aufgetragenen Zuleitungen dient. Die Kontaktstifte werden an den vorgesehenen Stellen mit den Leiterbahnen verlötet. In einer Gießform, in der die Stifte positioniert werden, wird zunächst ein Untergehäuse hergestellt. In diesem Untergehäuse befindet sich eine Wärmesenke und ein Hohlraum, in welchem das Halbleiterbauelement positioniert wird. Der Hohlraum wird durch einen Deckel verschlossen, nachdem die Anschlüsse vom Bauelement zu den Leiterbahnen hergestellt worden sind.

50 Wegen der Lötung der Kontaktstifte ist allerdings eine Vergußmasse mit niedriger Verarbeitungstemperatur vorzuziehen. Bei Verarbeitungstemperaturen oberhalb von 200°C würde sich nämlich die Lötverbindung möglicherweise lösen. Aus diesem Grunde ist eine Kombination mit Hochtemperaturthermoplasten als Gehäusematerial problematisch.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Einkapseln mikroelektronischer Bauelemente in Verbindung mit einer Werkstoffkombination zur Grenzflächenverbesserung an der Stelle der Durchführung der Kontaktzungen durch das Gehäuse anzugeben, welches damit die Dauerstandfestigkeit und Dichtigkeit bei erhöhten Umgebungstemperaturen oberhalb von 120°C und in aggressiven, feuchten Medien verbessert.

60 Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Tabellen und Zeichnungen näher beschrieben.

Dabei zeigt:

- 65 Fig. 1 die Probe für Ziehversuche,
Fig. 2 das Gehäuse nach dem Spritzgießen,
Fig. 3 die Schälvorrichtung und
Fig. 4 verschiedene Ionenverfahren.

Verkapselte mikroelektronische Bauelemente finden Anwendung in der Nachrichten-, Energie- und Medizintechnik



ebenso wie in der Luftfahrt- und Kfz-Elektronik. Besonders letztere stellen zunehmend höhere Anforderungen an Leistung und Zuverlässigkeit. Die höhere Zuverlässigkeit ist u. a. in einer besseren Dichtigkeit des eingehäuteten Chips zu suchen, die im wesentlichen über höhere Haftfestigkeit der die metallischen elektronischen Durchführungen umschließenden Polymermatrix realisierbar ist (Haftung Interface Metall/Kunststoff).

Es wurden verschiedene Kunststoffklassen auf ihre Brauchbarkeit hin untersucht.

Neuere Epoxidharz-Reaktionsharze (Moldmassen) haben zwar Vorteile bezüglich etwas erhöhter Temperaturbeständigkeit (max. bis 180°C) und wurden in die Untersuchungen mit einbezogen; die oben genannten Umweltprobleme sind jedoch noch ungeklärt.

Auch sind die Epoxidharze Temperaturen von über 200° nicht mehr gewachsen. Ihre Anwendungsgrenze liegt je nach Harzsystem und Beanspruchung zwischen 125 und 180°C. Oberhalb dieser Temperaturen beginnt bei diesen Harzen die thermische Zersetzung.

Weitere Nachteile der duromeren Materialien sind:

- lange Nachhärtezeiten nach dem Molden (Spritzpressen)
- relativ hohe Wasseraufnahme
- die Umweltschädlichkeit der flammhemmenden Additive
- nicht direkt wiederverwertbar

Hochtemperatur-Thermoplaste, nachfolgend nur noch HT-Thermoplaste genannt, bieten hierzu eine geeignete Alternative und erfüllen weitgehend die Anforderungen: hohe Dauertemperaturbeständigkeit, geringe Wasseraufnahme, Umweltneutralität, inhärente Flammwidrigkeit (z. B. ohne Zusatz halogenhaltiger Verbindungen Wiederverwertbarkeit und kurze (kostensparende) Verarbeitungszeiten durch Spritzgießen.

Für die Polymere als Einbettmaterialien der Bauelemente sind folgende Eigenschaften wünschenswert:

- Hohe Reinheit ($Cl \leq 2$ ppm)
- Gute Fließfähigkeit
- Geringe Schrumpfung
- Lötbadbeständigkeit (20 sec./270°C)
- Temperaturbeständigkeit (180°C)
- Ausreichende Haftung
- Hohe Wärmeleitfähigkeit
- Geringe Wasseraufnahme ($< 0,8\%$, 24 h/100°C)
- Geringe Ausgasung
- Chemische Beständigkeit gegen u. a. Kraftstoffe, Öle und Reinigungsmittel
- Temperatur- und mechanische Wechselbeständigkeit
- Inhärente Flammwidrigkeit
- Ultraschall-Schweißbarkeit (bei HT-Thermoplasten)
- Möglichkeit zur Wiederverwertung (Recycling)

Nach den beschriebenen Anforderungen wurden die Polymere ausgewählt. In die engere Auswahl kamen (außer den weiter unten beschriebenen Epoxidharzen) folgende HT-Thermoplaste:

- Polyethersulfon PES
- Polyarylethersulfon PAS
- Polyetherimid PEI
- Polyphthalamid PPA
- Polyaryletherketon PAEK
- Polyphenylsulfid PPS
- Flüssigkristallines Polymer LCP

Thermoplaste, wie z. B. Polycarbonat PC oder Polyamid PA, schieden wegen ihrer geringen Spannungsrißbeständigkeit bzw. hohen Feuchteaufnahme aus. Folgende Kriterien wurden besonders hoch bewertet: Verarbeitung, Metallhaftung, Lötbarkeit, DGT (Dauergebrauchstemperatur), Wasseraufnahme bzw. Systemkosten und Flammwidrigkeit.

Die Verarbeitung wurde u. a. nach der Fließfähigkeit und der Verarbeitungstemperatur beurteilt. Die Metallhaftung wurde mit Hilfe von Zug-Scherversuchen (DIN 53 283) und Schälversuchen (DIN 53 289) geprüft.

Für die Herstellung der Ausziehproben wurde eine speziell angefertigte Form verwendet. Es wurden zwei Plättchen in eine Form eingelegt und umspritzt. In Fig. 1 ist die grundsätzlich Anordnung der umspritzten zweiteiligen Probe 1 für die Versuche dargestellt. Die Plättchen sollen den Leadframes entsprechen und ihr Haftungsverhalten simulieren.

Für die Ausziehversuche wird die Probe an den beiden herausstehenden Plättchen gefaßt und auseinandergezogen. Es soll das Ausziehen einzelner Beinchen simuliert werden. Übersteigt die Kraft die Haftfestigkeit, so wird ein Plättchen herausgezogen. Die Ausziehgeschwindigkeit betrug 2 mm/min. Die maximale Weglänge betrug 1 mm, bei einigen Proben 2 mm. Es wurde ein Diagramm Kraft-Weg aufgenommen. Die maximale Haftfestigkeit errechnet sich aus der maximalen Kraft und der umschlossenen Fläche des Plättchens.

Die Lötbarkeit wurde durch die Lötbadbeständigkeit in Anlehnung an DIN IEC 326 Teil 2 geprüft. Die Proben wurden 20 Sekunden in ein 270°C heißes Bad aus einer geschmolzenen Zinn-Blei-Legierung getaucht. Es wurde auf Gas- bzw. Wasserdampfentwicklung und Materialveränderung geprüft. Die Dauergebrauchstemperatur wurde durch Lagerung 2000 h bei 180°C überprüft. Die Wasseraufnahme wurde durch Lagerung 24 h in 100°C heißem Wasser geprüft. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.



Tabelle 1

Bewertung und Vorauswahl von HT-Thermoplasten

Werkstoff	Verarbeitung	Metallhaftung	Lötbarkeit	DGT 180°C	Wasseraufnahme	Ökonomie	Flammwidrigkeit
PES	0	+	-	-	-	+	+
PAS	0	+	-	-	-	+	+
PEI	0	+	-	-	-	+	+
PPA	+	-	+	-	-	+	-
PAEK	0	+	++	++	+	-	+
PPS	++	0	+	+	+	+	+
LCP	++	0	+	+	+	0	+

Für die HT-Thermoplaste wird wegen ihrer geringen Fließfähigkeit eine andere Einhausungstechnik angewandt als für Duromere. Der Thermoplast wird nicht direkt als vollständig Umhüllung gespritzt, sondern es wird zunächst nur ein Rahmen bzw. eine Halbschale gespritzt (Premolden). Anschließend wird der Leadframe mit dem Chip bestückt, die Bonddrähte werden aufgebracht und zum Schluß wird ein Deckel mittels Ultraschall aufgeschweißt. Fig. 2 zeigt das Ergebnis der Einhausungstechnik für Thermoplaste.

Der Leiterrahmen 6 ist mit dem Gehäuse 4 umspritzt. Der Chip 7 wird auf dem Boden 3 befestigt und mit Golddrähten 8 an dem Leiterrahmen bei 5 gebondet. Zum Schluß wird das Gehäuse mit dem Deckel 9 verschlossen.

Ein Schutz gegen Feuchtigkeit ist nur durch eine ausreichende Haftung und vor allem Belastbarkeit der Grenzfläche Metall-Polymer gewährleistet. Auch die mechanische Belastbarkeit hängt von dieser Haftung ab.

Beim Spritzgießen wird der Werkstoff zuerst in die Schmelze und anschließend in eine beliebige Form im festen Zustand überführt. Dies geschieht mit Hilfe der Spritzgußmaschine, die im wesentlichen aus der Spritzeinheit, in der der thermoplastische Kunststoff plastifiziert wird besteht und der Schließeinheit in der sich das Formwerkzeug befindet.

Ein Spritzzyklus setzt sich also aus Einspritzzeit, Nachdruckzeit, Kühlzeit und gleichzeitiger Schneckenrotation, dem Entformen und einem eventuellen Neuanlegen der Düse, wenn diese nach der Nachdruckzeit vom Werkzeug abgezogen wurde, zusammen. Die nachfolgende Tabelle bringt einen Überblick über die wesentlichen Prozeßparameter, der Probekörper für die Messung der Haftungsfähigkeit.



Tabelle 2

Prozeßparameter beim Spritzguß (PPS)

Eigenschaft/physik. Größe		Wert
Massetemperatur ϑ_M		294°C
Spritzdruck P_{sp}		126 bar
Werkzeugtemperatur ϑ_W		175°C
Stufe 1:	Einspritzdruck p_1	20 bar
	Einspritzzeit t_1	0,04 sec.
Stufe 2:	Einspritzdruck p_2	128 bar
	Einspritzzeit t_2	0,05 sec.
Stufe 3:	Einspritzdruck p_3	130 bar
	Einspritzzeit t_3	0,04 sec.
Stufe 4:	Einspritzdruck p_4	40 bar
	Einspritzzeit t_4	20,0 sec.

Der Grad der Kristallinität des PPS ist von der Werkzeugtemperatur abhängig. Je höher die Temperatur, desto höher ist auch der Kristallinitätsgrad. Eine maximale Kristallinität erhält man ab ca. 140°C. Die optimale Temperatur an der Werkzeugo-berfläche beträgt aus spritztechnischen Gründen ca. 160°C. Die Füllung des Werkzeugs ist abhängig von der Einspritzgeschwindigkeit, dem Einspritzdruck, dem Nachdruck und der Nachdruckzeit. Diese Parameter müssen für das PPS für eine optimale Ausfüllung abgestimmt werden. Für das LCP besteht diese starke Abhängigkeit nicht. Aufgrund der sehr niedrigen Viskosität wird das Werkzeug auch ohne höhere Drücke ausreichend ausgefüllt.

Das Granulat sollte vor der Verarbeitung vorgetrocknet werden, um einen Molekulargewichtsabbau zu vermeiden. Die hohe Verarbeitungstemperatur kann zusammen mit der Feuchtigkeit zu einer Verringerung der Viskosität und der Festigkeit führen.

Die Massetemperatur sollte so weit erhöht werden, daß eine leichtere Füllung der Probenform aufgrund der niedrigen Viskosität erreicht wird.

Bei der Einhausung von Bauelementen kommt es auf die bestmögliche Dichtigkeit des Gehäuses besonders an, da aggressive Medien die empfindlichen Bauelemente auf Dauer schädigen können. Die Haftung des thermoplastischen Materials auf den Kontaktzungen des Leiterrahmens (Leadframe) wird als für die Lösung dieses Problems entscheidend angesehen.

Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten "Leadframes" bestehen meist aus Cu-Legierungen die aus gewalzten Bändern geätzt oder bei großen Stückzahlen gestanzt werden. Sie dienen der Kontaktierung hoch integrierter Bauelemente mit Hilfe von Drahtbond-Verbindungen meist aus Al oder Au.

Die hier verwendeten Folien mit der Bezeichnung CuFe2P enthalten 2,1–2,6 Gew.-% Eisen, Spuren von Phosphor und Zink und fast 98 Gew.-% Kupfer.

Diese Kupferlegierung ist ein Standard für die Mikroelektronik und besitzt eine hohe Leitfähigkeit und mittlere Festigkeit und eignet sich gut nach entsprechender Behandlung der Oberfläche für die gebräuchlichen Verbindungstechniken (Löten, Bonden, Kleben). Der Schmelzpunkt liegt bei über 1000°C. Eine ausreichende Wärmeleitfähigkeit ist vorhanden. Der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient der Metalle liegt zwischen denen von Silizium als Chipwerkstoff und Kunststoff. Der Leadframe stellt somit einen Ausgleich zwischen den beiden Extremen dar. Das CuFe2P liegt mit seinem Ausdehnungskoeffizienten näher am Kunststoff. Damit soll die Auswirkung der unterschiedlichen Ausdehnungen vermieden werden.

Im folgenden werden die hier wichtigsten bekannten Verfahren der Oberflächenbehandlung vorgestellt.

Oberflächenbehandlungen werden durchgeführt, wenn dem ausgewählten Substratwerkstoff gewünschte Eigenschaften fehlen. Diese Eigenschaften sind durch Behandlung mit Strahlung oder energiereichen Teilchen und/oder das Aufbringen oder Abtragen von Schichten zu erzielen.

Bei den mechanischen Oberflächenbehandlungen ist besonders das Sandstrahlen zu nennen. Es ist eine leicht anzuwendende Methode, die einen guten Effekt erzielt. Die Oberfläche wird stark vergrößert und es kommt zusätzlich zu einem Verklammerungseffekt. Ein Nachteil des Sandstrahlens ist allerdings die schlechte Weiterverarbeitbarkeit. Auf den rauen Oberflächen ist das Löten und Bonden sehr schwierig bis nicht durchführbar. Außerdem ist mit einem Verbleib von Strahlgut splinterförmiger Aluminium-Kornd der Korngröße 120 µm auf dem Leadframe zu rechnen, was erheblich stören kann.



Das Anätzen der Leadframes führt ebenfalls zu einer Aufräuhung der Oberfläche. Es sind diverse Ätzprozesse bekannt (trocken, naß, isotrop, anisotrop, im Plasma, chemisch usw.), die jeweils zur Erzeugung charakteristischer Strukturen geeignet sind.

Darüberhinaus gibt es verschiedene Verfahren, um Oberflächenbeschichtungen chemisch aufzubringen bzw. abzutragen.

Eine weitere Möglichkeit, eine Vergrößerung der Oberfläche zu erzeugen, ist das Oxidieren, wobei nadelförmige Strukturen senkrecht zur Oberfläche entstehen. Eine Variante davon ist das sog. "black oxide", bei dem Cu-Folien in einer Flüssigkeit (Kaliumnitrat, Natronlauge und Zusätze) bei 80°C getaucht werden, um an der Oberfläche ein Cu II-Oxid (CuO) zu erzeugen. Eine andere Variante ist die anodische Oxidation, bei der die Folie als Anode in einem Elektrolyten beschichtet wird.

Oxide werden aufgebracht, um eine bessere Anbindung an das Leiterplattenbasismaterial bei Multilayern zu erzielen. Im vorliegenden Fall soll es genutzt werden, um die Haftfestigkeit allseitig gegenüber dem Gehäuseteil zu verbessern. Wahrscheinlich kommt es zu einer richtigen Bindung zwischen dem Polymer und dem Black Oxide, sowie zwischen dem Black Oxide und dem Metall. Versuche mit normalen Oxiden haben eine relativ gute Haftung zwischen den Oxiden und dem Kunststoff ergeben, aber die Anbindung zum Metall fehlte. Diese Anbindung kann durch den Prozeß des Schwarzoxidierens möglicherweise verbessert werden.

Vielfach werden die Schichten aufgedampft oder aufgesputtert. CVD-Chemical Vapour Deposition bedeutet chemische Abscheidung aus der Gasphase. Die abzuschcheidenden Materialien befinden sich im gasförmigen Zustand. Mittels Energiezufuhr werden sie aktiviert, so daß sich auf der Substratoberfläche das gewünschte Reaktionsprodukt, eine feste Oberflächenschicht abscheidet. Zusätzlich entstehen flüchtige Reaktionsprodukte. Auch hier gibt es drei verschiedene CVD-Verfahren. Bei der thermischen CVD wird die Energiezufuhr durch Stöße an heißen Oberflächen übertragen. Bei der Plasma-CVD (PECVD) erfolgt die Anregung durch Elektronenstöße in der Glimmentladung. Als dritte Variante gibt es noch die Photo-CVD. Hierbei wird im Lichtbogen gearbeitet. Es können Schichten aus Metallen, Legierungen, Oxiden, Nitriden, Carbiden, Boriden oder Siliciden erzeugt werden.

Neben dem PVD/CVD-Verfahren eignen sich auch Ionenverfahren um Metalle zu beschichten bzw. deren Oberfläche zu modifizieren.

Verbesserungen der Haftfestigkeit konnten durch Modifikation der Oberfläche des metallischen Partners des sog. Leadframes oder Leiterrahmens erzielt werden, indem zunächst sogen. "Treatments" aufgebracht werden. Sie wirken als Haftvermittler. Solche "Treatments" sind prinzipiell bekannt und wurden bislang ausschließlich bei der Herstellung von Leiterplattenbasismaterial eingesetzt, um die Cu-Folie mit dem faserverstärkten Duroplast-Isoliermaterial (Harze) fest zu kaschieren.

Bei den Treatments handelt es sich um kommerziell erhältliche, spezielle Oberflächenschichten, die mit Hilfe eines Elektrolyten galvanisch auf üblicherweise Kupferfolien aufgebracht werden. Als "Treatments" bezeichnet man äußerst dünne (elektro-)chemisch hergestellte Oberflächenschichten, meist in Form von Mikrokristallen auf zerklüfteter Oberfläche. Die Schichten bestehen im Regelfall aus Kupfer/Kupferoxid und manchmal zusätzlich aus Messing bzw. Zink. Das Kupferoxid bildet sich häufig erst durch Reaktion mit der Luft auf der Oberfläche. Durch die Verfahrensweise ergibt sich eine spezifische Topografie der Metalloberfläche wie die sogenannte Blumenkohl- oder Champignon-Struktur, die durch ihre Hinterschnidungen zu einer wesentlich verbesserten Haftung durch mechanische Verankerung führt.

Bei der technischen Herstellung mechanisch/galvanischer Treatments für die Leiterplatten-Anwendung wird Elektrolyt-Kupfer aus einer Lösung auf eine Walze von 2,1 m Durchmesser und 2,4 m Breite aufgetragen, wobei die Walzen-seite der Folie glatt ist, die Außenseite jedoch schon eine spezielle Rauigkeit aufweist. Das Treaten erfolgt beim Band-durchlauf durch mehrere Elektrolytzellen, wobei zusätzlich in dünner Schicht ($\leq 1 \mu\text{m}$) eine Kupferlegierung zur Haftungsverbesserung aufplattiert wird. Es können gezielt unterschiedliche Treatment-Feinstrukturen erzeugt werden. Diese Verfahren sind schon lange Zeit bekannt.

Entsprechend behandelte Proben können u. a. von der Firma Gould Electronics GmbH bezogen werden. Ein ähnliches Verfahren ist z. B. in der EP-OS 0 659 909 für Aluminium-Werkstoffe offenbart.

Treatments bestehen in den meisten Fällen aus demselben Metall wie die Trägerfolie selbst, also Cu, zuweilen auch als Legierung mit Zink oder aus Chromaten. In wenigen Fällen kommt auch eine Belegung mit organischem Material zur Anwendung. Dafür kommen beispielsweise Harze in Frage.

Bevorzugtes Trägermaterial für Treatments ist Kupfer. In Laborversuchen war auch die Herstellung eines Treatments auf CuFe2P erfolgreich. Auf veredeltem Bauelement-Material (NiPd) ist ein Treatment zur Zeit nicht möglich. Die Gesamt-
 50
 55
 60
 65
 70
 75
 80
 85
 90
 95
 100
 105
 110
 115
 120
 125
 130
 135
 140
 145
 150
 155
 160
 165
 170
 175
 180
 185
 190
 195
 200
 205
 210
 215
 220
 225
 230
 235
 240
 245
 250
 255
 260
 265
 270
 275
 280
 285
 290
 295
 300
 305
 310
 315
 320
 325
 330
 335
 340
 345
 350
 355
 360
 365
 370
 375
 380
 385
 390
 395
 400
 405
 410
 415
 420
 425
 430
 435
 440
 445
 450
 455
 460
 465
 470
 475
 480
 485
 490
 495
 500
 505
 510
 515
 520
 525
 530
 535
 540
 545
 550
 555
 560
 565
 570
 575
 580
 585
 590
 595
 600
 605
 610
 615
 620
 625
 630
 635
 640
 645
 650
 655
 660
 665
 670
 675
 680
 685
 690
 695
 700
 705
 710
 715
 720
 725
 730
 735
 740
 745
 750
 755
 760
 765
 770
 775
 780
 785
 790
 795
 800
 805
 810
 815
 820
 825
 830
 835
 840
 845
 850
 855
 860
 865
 870
 875
 880
 885
 890
 895
 900
 905
 910
 915
 920
 925
 930
 935
 940
 945
 950
 955
 960
 965
 970
 975
 980
 985
 990
 995
 1000
 1005
 1010
 1015
 1020
 1025
 1030
 1035
 1040
 1045
 1050
 1055
 1060
 1065
 1070
 1075
 1080
 1085
 1090
 1095
 1100
 1105
 1110
 1115
 1120
 1125
 1130
 1135
 1140
 1145
 1150
 1155
 1160
 1165
 1170
 1175
 1180
 1185
 1190
 1195
 1200
 1205
 1210
 1215
 1220
 1225
 1230
 1235
 1240
 1245
 1250
 1255
 1260
 1265
 1270
 1275
 1280
 1285
 1290
 1295
 1300
 1305
 1310
 1315
 1320
 1325
 1330
 1335
 1340
 1345
 1350
 1355
 1360
 1365
 1370
 1375
 1380
 1385
 1390
 1395
 1400
 1405
 1410
 1415
 1420
 1425
 1430
 1435
 1440
 1445
 1450
 1455
 1460
 1465
 1470
 1475
 1480
 1485
 1490
 1495
 1500
 1505
 1510
 1515
 1520
 1525
 1530
 1535
 1540
 1545
 1550
 1555
 1560
 1565
 1570
 1575
 1580
 1585
 1590
 1595
 1600
 1605
 1610
 1615
 1620
 1625
 1630
 1635
 1640
 1645
 1650
 1655
 1660
 1665
 1670
 1675
 1680
 1685
 1690
 1695
 1700
 1705
 1710
 1715
 1720
 1725
 1730
 1735
 1740
 1745
 1750
 1755
 1760
 1765
 1770
 1775
 1780
 1785
 1790
 1795
 1800
 1805
 1810
 1815
 1820
 1825
 1830
 1835
 1840
 1845
 1850
 1855
 1860
 1865
 1870
 1875
 1880
 1885
 1890
 1895
 1900
 1905
 1910
 1915
 1920
 1925
 1930
 1935
 1940
 1945
 1950
 1955
 1960
 1965
 1970
 1975
 1980
 1985
 1990
 1995
 2000
 2005
 2010
 2015
 2020
 2025
 2030
 2035
 2040
 2045
 2050
 2055
 2060
 2065
 2070
 2075
 2080
 2085
 2090
 2095
 2100
 2105
 2110
 2115
 2120
 2125
 2130
 2135
 2140
 2145
 2150
 2155
 2160
 2165
 2170
 2175
 2180
 2185
 2190
 2195
 2200
 2205
 2210
 2215
 2220
 2225
 2230
 2235
 2240
 2245
 2250
 2255
 2260
 2265
 2270
 2275
 2280
 2285
 2290
 2295
 2300
 2305
 2310
 2315
 2320
 2325
 2330
 2335
 2340
 2345
 2350
 2355
 2360
 2365
 2370
 2375
 2380
 2385
 2390
 2395
 2400
 2405
 2410
 2415
 2420
 2425
 2430
 2435
 2440
 2445
 2450
 2455
 2460
 2465
 2470
 2475
 2480
 2485
 2490
 2495
 2500
 2505
 2510
 2515
 2520
 2525
 2530
 2535
 2540
 2545
 2550
 2555
 2560
 2565
 2570
 2575
 2580
 2585
 2590
 2595
 2600
 2605
 2610
 2615
 2620
 2625
 2630
 2635
 2640
 2645
 2650
 2655
 2660
 2665
 2670
 2675
 2680
 2685
 2690
 2695
 2700
 2705
 2710
 2715
 2720
 2725
 2730
 2735
 2740
 2745
 2750
 2755
 2760
 2765
 2770
 2775
 2780
 2785
 2790
 2795
 2800
 2805
 2810
 2815
 2820
 2825
 2830
 2835
 2840
 2845
 2850
 2855
 2860
 2865
 2870
 2875
 2880
 2885
 2890
 2895
 2900
 2905
 2910
 2915
 2920
 2925
 2930
 2935
 2940
 2945
 2950
 2955
 2960
 2965
 2970
 2975
 2980
 2985
 2990
 2995
 3000
 3005
 3010
 3015
 3020
 3025
 3030
 3035
 3040
 3045
 3050
 3055
 3060
 3065
 3070
 3075
 3080
 3085
 3090
 3095
 3100
 3105
 3110
 3115
 3120
 3125
 3130
 3135
 3140
 3145
 3150
 3155
 3160
 3165
 3170
 3175
 3180
 3185
 3190
 3195
 3200
 3205
 3210
 3215
 3220
 3225
 3230
 3235
 3240
 3245
 3250
 3255
 3260
 3265
 3270
 3275
 3280
 3285
 3290
 3295
 3300
 3305
 3310
 3315
 3320
 3325
 3330
 3335
 3340
 3345
 3350
 3355
 3360
 3365
 3370
 3375
 3380
 3385
 3390
 3395
 3400
 3405
 3410
 3415
 3420
 3425
 3430
 3435
 3440
 3445
 3450
 3455
 3460
 3465
 3470
 3475
 3480
 3485
 3490
 3495
 3500
 3505
 3510
 3515
 3520
 3525
 3530
 3535
 3540
 3545
 3550
 3555
 3560
 3565
 3570
 3575
 3580
 3585
 3590
 3595
 3600
 3605
 3610
 3615
 3620
 3625
 3630
 3635
 3640
 3645
 3650
 3655
 3660
 3665
 3670
 3675
 3680
 3685
 3690
 3695
 3700
 3705
 3710
 3715
 3720
 3725
 3730
 3735
 3740
 3745
 3750
 3755
 3760
 3765
 3770
 3775
 3780
 3785
 3790
 3795
 3800
 3805
 3810
 3815
 3820
 3825
 3830
 3835
 3840
 3845
 3850
 3855
 3860
 3865
 3870
 3875
 3880
 3885
 3890
 3895
 3900
 3905
 3910
 3915
 3920
 3925
 3930
 3935
 3940
 3945
 3950
 3955
 3960
 3965
 3970
 3975
 3980
 3985
 3990
 3995
 4000
 4005
 4010
 4015
 4020
 4025
 4030
 4035
 4040
 4045
 4050
 4055
 4060
 4065
 4070
 4075
 4080
 4085
 4090
 4095
 4100
 4105
 4110
 4115
 4120
 4125
 4130
 4135
 4140
 4145
 4150
 4155
 4160
 4165
 4170
 4175
 4180
 4185
 4190
 4195
 4200
 4205
 4210
 4215
 4220
 4225
 4230
 4235
 4240
 4245
 4250
 4255
 4260
 4265
 4270
 4275
 4280
 4285
 4290
 4295
 4300
 4305
 4310
 4315
 4320
 4325
 4330
 4335
 4340
 4345
 4350
 4355
 4360
 4365
 4370
 4375
 4380
 4385
 4390
 4395
 4400
 4405
 4410
 4415
 4420
 4425
 4430
 4435
 4440
 4445
 4450
 4455
 4460
 4465
 4470
 4475
 4480
 4485
 4490
 4495
 4500
 4505
 4510
 4515
 4520
 4525
 4530
 4535
 4540
 4545
 4550
 4555
 4560
 4565
 4570
 4575
 4580
 4585
 4590
 4595
 4600
 4605
 4610
 4615
 4620
 4625
 4630
 4635
 4640
 4645
 4650
 4655
 4660
 4665
 4670
 4675
 4680
 4685
 4690
 4695
 4700
 4705
 4710
 4715
 4720
 4725
 4730
 4735
 4740
 4745
 4750
 4755
 4760
 4765
 4770
 4775
 4780
 4785
 4790
 4795
 4800
 4805
 4810
 4815
 4820
 4825
 4830
 4835
 4840
 4845
 4850
 4855
 4860
 4865
 4870
 4875
 4880
 4885
 4890
 4895
 4900
 4905
 4910
 4915
 4920
 4925
 4930
 4935
 4940
 4945
 4950
 4955
 4960
 4965
 4970
 4975
 4980
 4985
 4990
 4995
 5000
 5005
 5010
 5015
 5020
 5025
 5030
 5035
 5040
 5045
 5050
 5055
 5060
 5065
 5070
 5075
 5080
 5085
 5090
 5095
 5100
 5105
 5110
 5115
 5120
 5125
 5130
 5135
 5140
 5145
 5150
 5155
 5160
 5165
 5170
 5175
 5180
 5185
 5190
 5195
 5200
 5205
 5210
 5215
 5220
 5225
 5230
 5235
 5240
 5245
 5250
 5255
 5260
 5265
 5270
 5275
 5280
 5285
 5290
 5295
 5300
 5305
 5310
 5315
 5320
 5325
 5330
 5335
 5340
 5345
 5350
 5355
 5360
 5365
 5370
 5375
 5380
 5385
 5390
 5395
 5400
 5405
 5410
 5415
 5420
 5425
 5430
 5435
 5440
 5445
 5450
 5455
 5460
 5465
 5470
 5475
 5480
 5485
 5490
 5495
 5500
 5505
 5510
 5515
 5520
 5525
 5530
 5535
 5540
 5545
 5550
 5555
 5560
 5565
 5570
 5575
 5580
 5585
 5590
 5595
 5600
 5605
 5610
 5615
 5620
 5625
 5630
 5635
 5640
 5645
 5650
 5655
 5660
 5665
 5670
 5675
 5680
 5685
 5690
 5695
 5700
 5705
 5710
 5715
 5720
 5725
 5730
 5735
 5740
 5745
 5750
 5755
 5760
 5765
 5770
 5775
 5780
 5785
 5790
 5795
 5800
 5805
 5810
 5815
 5820
 5825
 5830
 5835
 5840
 5845
 5850
 5855
 5860
 5865
 5870
 5875
 5880
 5885
 5890
 5895
 5900
 5905
 5910
 5915
 5920
 5925
 5930
 5935
 5940
 5945
 5950
 5955
 5960
 5965
 5970
 5975
 5980
 5985
 5990
 5995
 6000
 6005
 6010
 6015
 6020
 6025
 6030
 6035
 6040
 6045
 6050
 6055
 6060
 6065
 6070
 6075
 6080
 6085
 6090
 6095
 6100
 6105
 6110
 6115

aufbaut.

Für die Versuche wurden folgende Kupferfolien mit Treatment verwendet:

Tabelle 2

Treatments

Bezeichnung	Treatment
TAI	feine Cu-Mikrokristalle
JTC	Cu/Co-Oxid, leichte Messingschicht, grobe Rauigkeit
JT7	Cu/Cu-Oxid, höherer Oxidanteil
TRCF BHY 13-T	rotes Walzkupfer, Zink-Chromat/Zink-Chromat
TRCF BHC 22-T	schwarzes Walzkupfer, Chromat/Zink-Chromat
JTC-F	Cu/Cu-Oxid, leichte Messingschicht, feine Rauigkeit

Die Prüfung der Haftfestigkeit erfolgte mittels Zugprüfmaschine:

- einseitig: im Rollenschältest nach DIN 53 289 und
- allseitig: in einem Ausziehversuch.

Die Rollenschälversuche wurden in Anlehnung an DIN 53 289 durchgeführt. Sie dienen zum Ermitteln des Widerstands von Metallklebungen gegen abschälende Kräfte. Als Prüfkörper wurden einseitig mit Cu-Folie kaschierte Parallelstreifen von 10 mm Breite sowie in Annäherung an die Praxis allseitig umspritzte idealisierte Test-Leadframes verwendet. Die verwendeten Schälvorrichtung ist in Fig. 3 dargestellt.

Die Proben 11 wurden zunächst an den Kanten abgeschliffen, um die Kupferfolien freizulegen. Bei der Probenherstellung war teilweise etwas Kunststoffmasse um die Folie herumgelaufen. Dadurch entstehen größere Haftkräfte, was die Ergebnisse verfälschen würde. An einem Ende wurde die Folie 11 meist durch Brechen der Probe von der Kunststoffmasse abgehoben und in die Schälvorrichtung 12 eingespannt. Die Schälvorrichtung ist im Gegensatz zur DIN-Norm etwas verändert. Die Folie 2 wurde mit gleichbleibender Geschwindigkeit von der Kunststoffmasse 10 abgezogen. Der Schälwiderstand wurde in Abhängigkeit vom Weg in einem Diagramm aufgenommen. Der Schälwiderstand p errechnet sich aus der Trennkraft F in N und der Breite b der Probe in mm zu: $P = F/b$ in N/mm. Nach dem Rollenschälversuch zeigt sich, daß mit den diversen Treatments unterschiedliche Schälwiderstände zu erreichen sind.

Zumindest hinsichtlich von Interface-Verbesserungen mit thermoplastischen Kunststoffen bestanden chemische und physikalische Vorbehalte gegen die Anwendung solcher "Treatments", da sie als hochmolekulare Polymere andere Benetzungseigenschaften gegenüber den bei der Aufbringung zunächst flüssigen stark polar aufgebauten duromeren Harzen haben. Es waren Vorurteile auch insofern zu überwinden, als nicht die Rauhtiefe die Haftfestigkeit allein bestimmt, sondern auch die spezielle Geometrie und Oberflächenbeschaffenheit. Dies zeigen die Maßzahlangaben in der folgenden Tabelle, welche die Versuche mit Epoxidharz wiedergeben.

Tabelle 4

Haftung (N/mm) einer Moldmasse aus Epoxidharz (Rollschälversuch)

Probe	Rauigkeit (μm)	Schältest (N/mm)
Nr. 1 TAI	7,5	1,4
Nr. 2 JT7	4,0	1,05
Nr. 3 TRCF BHY 13-T	0,2	0,5
Nr. 4 TRCF BHC 22-T	0,9	0,55
Nr. 5 CuFe2P (unbehandelt)	0,15	< 0,1

Der nur sehr begrenzte Einfluß der absoluten Größe der Rauigkeit (r_z) ergab sich auch aus Strahlversuchen von Metallfolien mittels Korund (vgl. Tabelle 5).



Tabelle 5

Verhalten unterschiedlicher Metalle beim Rollenschälversuch an EP-Moldmassen auf ausgewählten Metallen zum Teil mit verschiedenen Oberflächenbehandlungen. In REM-Aufnahmen kann deutlich gezeigt werden, daß bei guter Haftung Polymerrückstände am Metall verbleiben

Metall	unbehandelt	gestrahlt (Korund)	geätzt	geglüht	Treat- ment
Kupfer		0,07-0,13 N/mm			>1,0
CuFe2P	keine Haftung	0,08-0,012 N/mm	keine Haftung	keine Haftung	
CuBe	keine Haftung				
Bronze	keine Haftung				
Alloy 42	keine Haftung	keine Haftung	keine Haftung	keine Haftung	
Aluminium	0,36 N/mm	1,3-1,6 N/mm	keine Haftung	keine Haftung	
Zinn	keine Haftung				
Titan	keine Haftung				

Die Probekörper für die Rollenschälversuche wurden durch Pressen hergestellt. Da dieses Verfahren für HT-Thermoplaste nicht günstig ist, wurden vergleichende Versuche für diverse Metalloberflächen mit Moldmasse durchgeführt. Im Rahmen weiterer Arbeiten wurde folgender Materialvergleich durchgeführt (Tab. 6).

Tabelle 6

Haftung/Schälwiderstand in N/mm von Leadframe -Material auf HT-Thermoplasten und Epoxidharz

Polymer		PES	PPS	LCP	mod. Ep- Harz	mod. Ep- Harz
Produkt		Ultrason E 2010	Fortron 6160B4	Vectra C 130	Aratronic 2184	KMC 140
Hersteller		BASF	Hoechst	Hoechst	Ciba	Shin Etsu
Cu unbe- handelt	d (µm) 35	0,12 (0,05-0,30)	-	-	0,11 (0,09-0,13)	-
Cu mit Treat- ment TA	d (µm) 35	0,74 (0,57-0,91)	0,9 (0,80-0,96)	0,27 (0,07-0,41)	0,74 (0,64-0,78)	-
Cu Fe 2P un- behandelt	d (µm) 100	0,66 (0,44-0,99)	keine Haftung	keine Haftung	keine Haftung	keine Haftung
Cu Fe 2P + chem.- Ni	d (µm) 100 +2	Delamina- tion beim Sägen	-	Delamina- tion beim Sägen	Delamina- tion beim Sägen	-



Die Haftfestigkeit, gemessen in N/mm^2 , von HT-Thermoplasten, z. B. PPS und LCP, wurden vorwiegend praxisnah mittels des obengenannten Ausziehversuchs an voll umspritzten Leadframes aus CuFe2P ermittelt. Dabei werden Haftungsverbesserungen um den Faktor 6–10 gegenüber unbehandelten Oberflächen erzielt. Das geht für Proben aus PPS aus folgender Tabelle hervor:

Tabelle 7

Haftfestigkeit von mineralisch gefülltem PPS auf durch Spritzgießen umhüllten Metallstreifen aus CuFe2P mit verschiedenen vorbehandelten Oberflächen

Behandlung	Topografie	Ausziehkraft/Fläche (N/mm^2)
keine	„glatte“ Walzfolie	1,55
Korundstrahlen	sehr starke Rauigkeit	8,60
Treatment (auf CuFe2P)	Mikrorauigkeit	9,24

Die Tabelle 8 zeigt eine Übersicht über Ergebnisse der Ausziehversuche zur Bestimmung der Haftfestigkeit von PPS und LCP auf Treatments.

Tabelle 8

Haftfestigkeit $H_{1 \text{ mm}}$ im Ausziehversuch, Mittelwerte

Probe	PPS	LCP
CeFe2P (Korundgestrahlt)	$0,70 \pm 0,17$	$0,63 \pm 0,31$
CuFe2P (unbehandelt)	$0,77 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,03$
CuFe2P-Black O	$8,38 \pm 0,92$	$0,38 \pm 0,17$
CuFe2P-BO(A)	$8,53 \pm 0,70$	$0,25 \pm 0,00$
CuFe2P-BO(B)	$8,19 \pm 0,10$	-
CuFe2P-Treatment TA	$9,24 \pm 0,00$	-

Für die beiden HT-Thermoplaste wurde als spezielles Treatment auch das sog. Black Oxide (BO) erprobt, das sich in allen Versuchen als vorteilhaft erwiesen hatte. Möglicherweise liegt dieser Vorteil in katalytisch-sorptiven Eigenschaften mancher Oxide begründet, die zu festen chemischen Bindungen führen können. Für LCP waren Treatments zur Haftungsverbesserung im Gegensatz zu PPS ungeeignet.

Aus den dargestellten Ergebnissen ist zu erkennen, daß gezielte Oberflächenbehandlungen mit dem sog. Treatment einen erheblichen Fortschritt darstellen können.

Neben den bisher beschriebenen Verfahren zur Oberflächenbeschichtung eignen sich auch Ionenverfahren um Metalle zu beschichten bzw. deren Oberfläche zu modifizieren.

Bei den Ionenverfahren muß zwischen drei unterschiedlichen Verfahrensvarianten unterschieden werden: Ionenimplantation, Ionenstrahlmischen und Ionenstrahlgestützte Beschichtung (IBAD).

Fig. 4 zeigt die verschiedenen Verfahrensvarianten in einer prinzipiellen Darstellung. Bei der Ionenimplantation werden die Ionen mit hoher Energie von typischerweise 60 bis einige 100 keV implantiert, wobei es zu Dotierungen bis ca. 10% an Fremdatomen kommen kann. Überlicherweise dringen diese Fremdatome bzw. Ionen einige μm in das Substrat ein; sie verbleiben also nicht an der Oberfläche. Damit ist zwar eine Modifikation vorhandener oberflächennaher Bereiche möglich, aber keine Erzeugung homogener Zwischenschichten, die die Haftung fördern könnten.

Eine Verbesserung läßt sich durch das Ionenstrahlmischen erreichen, bei dem die Ionen durch eine bereits vorgeformte Beschichtung hindurchgeschossen werden und im Grenzbereich zwischen Schicht und Substrat zur Ruhe kommen. Die Dicke der zu durchdringenden Beschichtung bestimmt die Ionenenergie (meist $> 60 \text{ keV}$).

Bei der Ionenstrahlgestützten Bedampfung (IBAD) wird durch Aufdampfen (oder Zerstäuben) eine Schicht aufgebracht und gleichzeitig mit einem Ionenstrahl beschossen. Durch geeignete Wahl der Verfahrensparameter sind sowohl die Schichteigenschaften (Eigenspannung, Porosität, Zusammensetzung) als auch die Haftung (Reinigung, Aufrauung oder Benetzungseigenschaften der Substratoberfläche) veränderbar. Die Ionenenergie ist in der Regel niedriger als bei



der Ionenimplantation oder dem Ionenmischen (≈ 10 keV). Dadurch ergeben sich im Vergleich zu diesem Verfahren weniger Durchmischungen im Bereich der Substratoberfläche.

Zur Schichterzeugung wurde folgendes Parameterfeld untersucht:

Energie zum Vorsputtern: 5,12 keV

5 Zeit zum Vorsputtern: 4-5 min.

Energie zur Schichterzeugung: 5-20 keV

Ionendosis: $10^{16} - 5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2}$

Ionen/Atom-Verhältnis (I/A): 1/5 bis 1/20

Schichtdicken: 10 bis 100 nm

10 Strahlzeiten: 15 bis 30 min.

Es wurden mit den Metallen Al, Cr, Ti gearbeitet. So hergestellte Oberflächenschichten zeichnen sich durch eine gute Anbindung an Kunststoffe aus.

Die bevorzugte Ionenstrahltechnik ist der sogenannte IBAD-Prozeß, weil damit die am besten definierten Grenzflächen herstellbar sind. Die Ergebnisse der so behandelten Proben zeigt Tabelle 9:

15 Tabelle 9

Haftung von EP-Moldmasse auf IBAD-beschichteten Metallfolien

	Schälwiderstand (N/mm)			
	Verbundhaftung CuFe ₂ mit EP-Moldmasse (Aratronic 2184)			
	Leadframe glatt		Leadframe korundgestrahlt	
ohne Ti-Beschichtung	Keine Haftung		0,11 (0,08-0,11)	
IBAD- Dicke	30 nm	100 nm	30 nm	100 nm
Schicht				
I/A-Verh.				
1/5	0,18 (0,16-0,21)	0,12 (0,10-0,15)	0,47 (0,44-0,51)	0,51 (0,44-0,60)
1/10	0,14 (0,12-0,17)	0,13 0,32 (0,28-0,35)	0,30 (0,26-0,37)	0,51 (0,42-0,62)
1/20	0,12 (0,10-0,15)	0,13 (0,10-0,19)	0,35 (0,31-0,40)	0,50 (0,43-0,57)

Auf unbehandelten (glatten) CuFe₂-Oberflächen sind durch IBAD-Beschichtungen aus Cr, Ti kaum nennenswerte Verbesserungen erzielt. Dagegen ergeben sich Verbesserungen auf korundgestrahlten (rauen) Leitrahmen um den Faktor 5, wobei größere Schichtdicken der durch IBAD zusätzlich erzeugten Schichten von Vorteil sind. Dieser Zusammenhang ist in Tabelle 9 anhand der Meßwerte nachzuvollziehen. Es wird deutlich, daß die Rauigkeit auch als Grundlage von Haftungsverbesserungen von großer Bedeutung ist. Weitere Einflüsse der IBAD-Prozeßparameter waren bisher nicht nachweisbar. Die folgende Tabelle 10 zeigt das Ergebnis des Beschusses mit Titan-Ionen. Während man ohne Titan-Beschichtung einen Schälwiderstand von 0,11 N/mm beobachtet, ist im Mittel bei Titan-Beschichtung der Schälwiderstand um den Faktor 5 höher und relativ unabhängig vom Verhältnis der Ionen zu den Atomen (I/A).

Außer mit Titan-Ionen wurden die gleichen Experimente mit Chrom- und Aluminium-Ionen durchgeführt. Es ergab sich ein im Mittel um 25% höherer Schälwiderstand bei dem Beschuß mit Titan-Ionen. Da sich beim Beschuß mit Aluminium-Ionen Schwierigkeiten einstellten, wurden die Ergebnisse nicht weiterverfolgt, obwohl vieles darauf hindeutet, daß Aluminium noch höhere Werte des Schälwiderstands liefern kann.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, die Kombination von Treatment und speziell ausgesuchten Kunststoffen als Grundlage für die Verbesserung der Haftfestigkeit und des Schälwiderstands durch Ionen-Beschuß zu verwenden. Mit dem speziellen Treatment, auf dem sich auf der Oberfläche kristallines Kupfer abgeschieden hatte (TA) wurde sowohl beim Hochtemperatur-Thermoplast PES als auch bei einer Epoxid-Moldmasse eine deutliche Haftungssteigerung gegenüber den nicht mit Ionen behandelten Proben gefunden. Die IBAD-Schichten aus Ti sowie Ti +



TiC erbrachte Verbesserungen um den Faktor 2-3. Insbesondere die Beschichtung mit TiC war besonders "polymerfreundlich".

Die Durchführbarkeit der Prüfung hat zwei Voraussetzungen

- gute Affinität und Benetzbarkeit der Polymerschmelze zur IBAD-Schicht
- polymergerechte Verarbeitung (insbesondere muß der Druck während der Abkühlzeit aufrecht erhalten werden).

Bei teilkristallinen Hochtemperaturthermoplasten ist die polymergerechte Verarbeitung sehr schwierig, wenn die Proben nicht im Spritzgußverfahren, sondern durch Pressen hergestellt werden.

Die Ergebnisse der Rollenschälversuche mit verschiedenen Schichtkombinationen und verschieden ausgewählten Polymeren ist in der Tabelle 10 zusammengefaßt.

Tabelle 10

Haftung/Schälwiderstand in N/mm von Leadframe-Material auf HT-Thermoplasten und Epoxidharz

Polymer		PES	PPS	LCP	mod. Ep-Harz	mod. Ep-Harz
Produkt		Ultrason E 2010	Fortron 6160B4	Vectra C 130	Aratronic 2184	KMC 140
Hersteller		BASF	Hoechst	Hoechst	Ciba	Shin Etsu
Cu unbehandelt	d (µm) 35	0,12 (0,05-0,30)	-	-	0,11 (0,09-0,13)	-
Cu mit Treatment TA	d (µm) 35	0,74 (0,57-0,91)	0,9 (0,80-0,96)	0,27 (0,07-0,41)	0,74 (0,64-0,78)	-
Cu Fe 2P unbehandelt	d (µm) 100	0,66 (0,44-0,99)	keine Haftung	keine Haftung	keine Haftung	keine Haftung
Cu Fe 2P + chem.-Ni	d (µm) 100 +2	Delamination beim Sägen	-	Delamination beim Sägen	Delamination beim Sägen	-
Cu mit Ti-Implant.*	d (µm) 35	0,13 (0,08-0,19)	0,02 (0,01-0,05)	0,18 (0,11-0,30)	0,15 (0,10-0,18)	0,16 (0,12-0,20)
Cu/TA mit Ti-Implant.*	d (µm) 35	2,32 (2,01-2,64)	-	-	1,30 (0,30-1,57)	-
Cu mit Ti/TiC-Impl.*	d (µm) 35	0,12 (0,08-0,22)	0,08 (0,06-0,11)	0,31 (0,09-0,60)	0,17 (0,14-0,23)	0,30 (0,16-0,46)
Cu&TA mit Ti/TiC-Impl.*	d (µm) 35	1,2(0,77-2,10)	-	-	1,46 (1,41-1,52)	-

* IBAD mit Argon

Die Ergebnisse ohne IBAD sind bereits aus der Tabelle 6 bekannt. Sie sind hier nur zum Vergleich noch einmal wiederholt.

Die Ergebnisse sind insofern etwas überraschend, als trotz sehr rauher Oberfläche, mit teilweise Hinterschneidungen und pilzförmigen Strukturen (Dendrite) das Beschießen mit Ionen noch eine deutliche Steigerung der Haftfestigkeit der ausgewählten Thermoplaste und Moldmassen erbringt.

Zum Lötten der Anschlüsse benötigt man eine gute Benetzung der Oberfläche mit Lötpaste. Bei einer sehr rauhen Oberfläche kann es bei einer relativ hohen Oberflächenspannung der Flüssigkeit zu einer nicht vollständigen Benetzung kommen. Es sind dann nur wenige Kontaktpunkte für das Lot vorhanden, die Verbindung ist nicht ausreichend. Für den



Bondprozeß gilt ähnliches. Um löten und bonden zu können, werden verschiedene Schichten wie Nickel-Palladium, Gold, Zinn, Blei-Zinn oder andere Schichten aufgebracht. Sie werden häufig selektiv aufgebracht, um Material zu sparen. Die verwendeten Bonddrähte sind Feinstdrähte mit Durchmessern von 17,5 µm bis 500 µm aus verschiedenen Metallen und Legierungen, die für elektrisch leitende Verbindungen vom Chip zum inneren Anschlußpad der Gehäuse sorgen. Hierbei wird der Bonddraht (häufig aus Gold) entweder auf den Leadframe aufgeschweißt oder der Draht wird aufgeschmolzen und dann mit der Oberfläche verbunden. Hier ist ebenfalls eine ausreichende Benetzung wichtig. Bei den Treatments kommt die Oxidschicht als Störfaktor für den Bond- und Lötprozeß hinzu. Beim Black Oxide könnte die Oxidschicht ebenfalls störend wirken.

Etwa auftretende Schwierigkeiten ließen sich durch selektives Treaten beheben. Nur die nachher umspritzte Fläche wird mit dem Treatment versehen. Andere Flächen könnten dann leichter selektiv mit löt- und bondbaren Schichten versehen werden, weil die Rauigkeit der Oberfläche dort niedrig gehalten werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einbetten von metallischen Leitern mikroelektronischer Bauelemente in eine Kunststoffmasse, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Oberfläche der einzubettenden Leiterbahnen durch physikalische und/oder chemische Verfahren aufgeraut wird und daß die Leiterbahnen im Bereich der Aufrauung durch die Kunststoffmasse umschlossen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche im aufgerauten Bereich vor der Umschließung durch die Kunststoffmasse mit Ionen bestrahlt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ionenbestrahlung mit Aluminium- und/oder Titan- und/oder Chrom-Ionen oder Mischungen oder Verbindungen davon durchgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffmasse ein Hochtemperatur-Thermoplast ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffmasse ein Duroplast ist.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffmasse eine Vergußmasse ist.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die metallischen Leiter durch Bänder aus einem Metall auf Kupferbasis gebildet werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupferfolien vorgestanzt oder vorgeätzt und an den zum Bonden oder Löten vorgesehenen Stellen vor dem Erzeugen der Hinterschnidungen mit einem Abdecklack beschichtet werden.
9. Verfahren nach einem oder mehrerer der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufrauung mit zusätzlichen Hinterschnidungen elektrochemisch erzeugt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Hinterschnidungen chemisch erzeugt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Hinterschnidungen durch Trockenätzen erzeugt werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Hinterschnidungen durch Abdrucktechnik erzeugt werden.
13. Anwendungen des Verfahrens nach Anspruch 1 zum Umschließen von durch ein Kunststoffgehäuse nach außen geführten Leiterbahnen.
14. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Hochtemperatur-Thermoplast Polyphenylensulfid (PPS) verwendet wird.
15. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Hochtemperatur-Thermoplast Liquid Crystal Polymer (LCP) verwendet wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



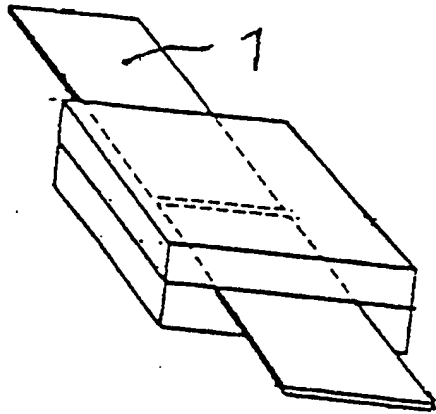


FIG. 1

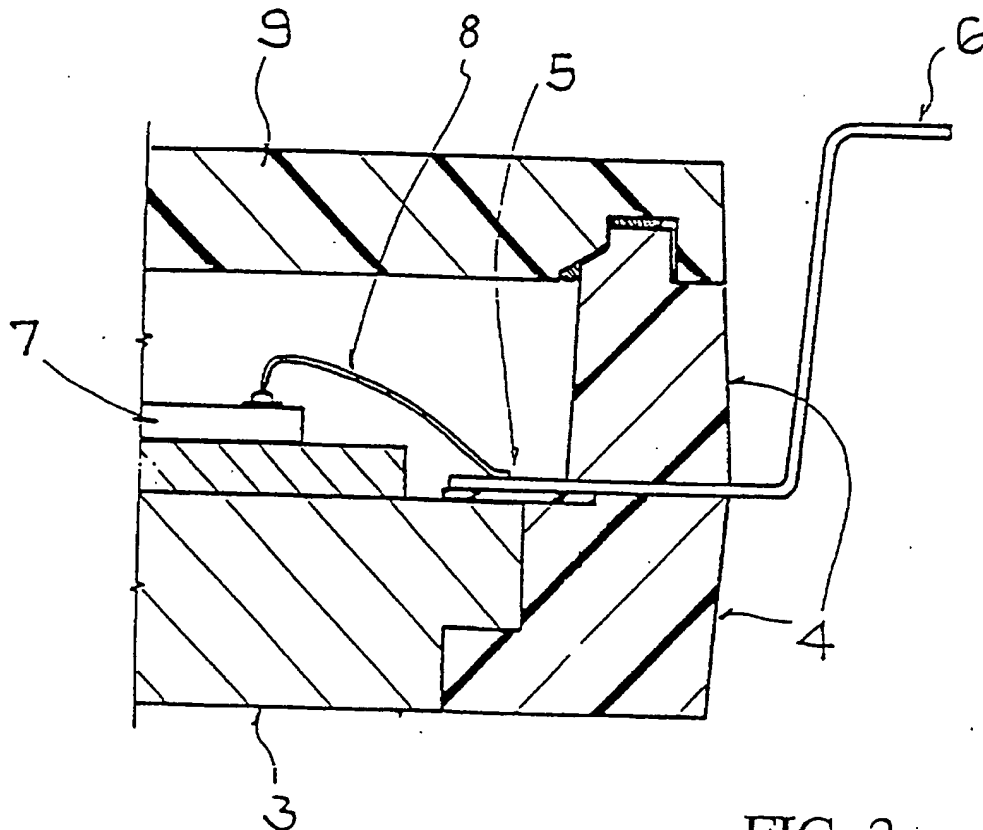


FIG. 2

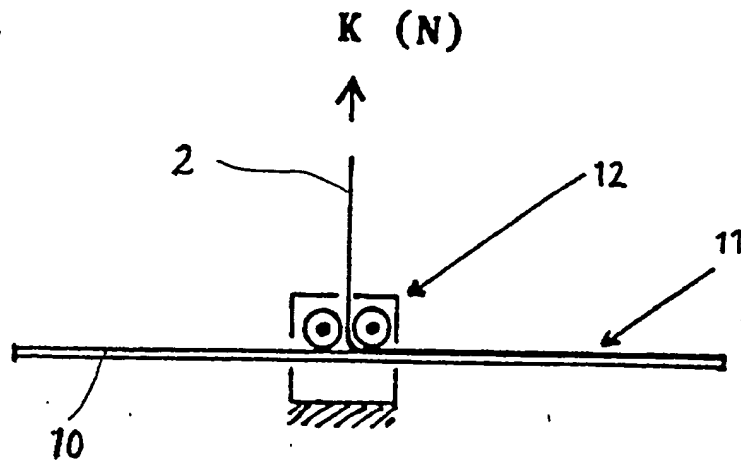


FIG. 3

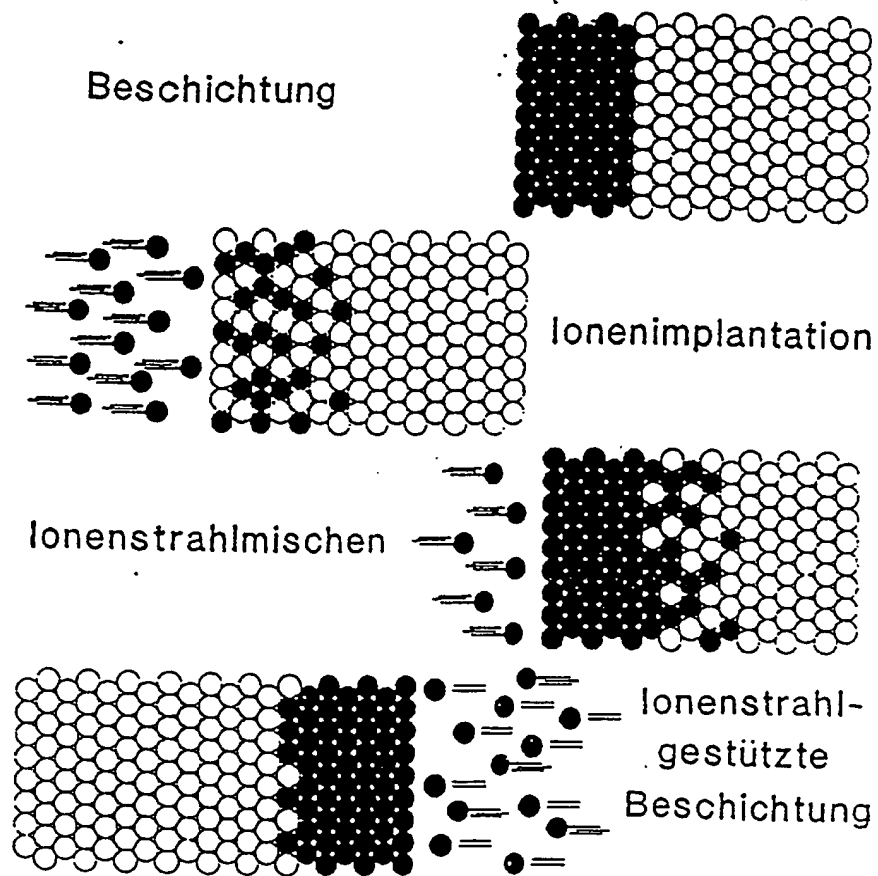


FIG. 4